

胚芽精米のビタミンB₁含量

—— HPLC 定量法の検討および調理操作による変化 ——

田 原 モト子* 足 立 恭 子**

I 緒 言

我が国の国民栄養調査の結果からビタミンB₁の摂取状況をみると、平均的にはほぼ150%の充足率で、最近15年間摂取の変動はほとんどみられない¹⁾。しかし、充足率の分布をみると、全国平均では約6%、1人世帯では26%の人々が所要量に達していない²⁾。さらに、ビタミンB₁は水溶性であるため調理操作による損失が大きいことを考えあわせると、必ずしも楽観視できかねる摂取状況である。事実、本学の学生を対象とした調査結果では（ビタミンB₁の調理による損失を30%とした）、半数以上の学生が個人別所要量に達していない³⁾⁴⁾。木村らは、国民栄養調査結果とビタミンB₁栄養状態の実態との食い違いを指摘し、その原因に大幅な調理による損失を挙げており、種々の調査および実験的研究の結果から、一般によく利用される30%は実態に合わず、平均40%~50%の損失を見込むべきと主張している⁵⁾⁶⁾。

一方、日常の食事におけるビタミンB₁の供給源の3割は穀類で占められ、米が最大の給源であることは、食品群別摂取栄養比率から明らかである⁷⁾。したがってB₁の摂取を増すには、米からの摂取量を増加させることが最も早道であるが、炭水化物が多くB₁含量の低い精白米を多食するとB₁要求量はさらに増え、欠乏状態を悪化させることになる。また精白米中のB₁の調理損耗は木村らによると65%⁵⁾、本岡らの場合も63%に及び⁸⁾、この点からも精白米の多食はマイナス面の方が大きい。

著者らは従来より胚芽精米に着目し、これを有効に利用するため留意しなければならない点を探る目的で保存実験を行ってきたが^{9)~11)}、上記の精白米の弱点

を克服するB₁供給源としての胚芽精米の意義は大きいと考えた。そこで今回は、胚芽精米中のビタミンB₁含量を測定し、洗米や炊飯による損失、保存期間中の変動などを調べ、この点について考察を試みた。またB₁定量法については、B₁をブロムシアンと反応後アルカリ下でチオクロームを生成させ、この蛍光を測定するチオクローム法がよく用いられるが、今回は比較的簡便なB₁定量法として、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）法の検討も行ったので併せて報告する。

II 実験方法

1. 実験材料

搗精日平成4年4月18日付冬眠密着包装の胚芽精米「水晶米E」（山城食糧KK）を購入し、実験直前まで4℃で保存した。原料玄米は、平成3年度産岡山あけぼの（60%）と青森ムツカオリ（40%）の混合米である。

2. 洗米および炊飯の条件

胚芽精米100gに水道水200mlを加え、10秒間攪拌水洗した後、水きりして風乾したものを1回水洗試料とした。同様の水洗を3回繰り返したものを3回水洗試料、洗液がきれいになるまで繰り返したもの（通常10回）を水洗試料とした。また、胚芽精米の表面のヌカを湿ったガーゼでふき取り、風乾したものをヌカ除去試料とした。

炊飯米の場合は、胚芽精米100gに水道水200mlを加え上記の方法で10回水洗し、米の重量の1.55倍の水道水を加え（水洗中に吸水した分は差し引く）、電気炊飯器にて炊飯後、R.B.TOMAらの方法¹²⁾により凍結乾燥して用いた。

3. 保存条件

前報¹¹⁾と同様、20℃、光照射および30℃、暗所の

* 本学家政科食生活専攻教授（栄養化学）

** 〃 実習助手（食品・栄養実験）

条件でそれぞれ開封状態と冬眠密着包装の状態で、3カ月間保存した。

4. HPLC 用試料溶液調製法

試料の処理方法については、種々の検討の後、ポストカラム法で通常行われる方法¹³⁾¹⁴⁾に準じた。

すなわち、上記の各試料米をそれぞれ粉碎後42メッシュのステンレス製ふるいを通し、よく混合した後この0.5~1gを秤量し、10%トリクロロ酢酸(TCA)5mlを加えてガラスホモゲナイザーでホモゲナイズした。さらに10% TCAを加えて10mlとし、9000 r.p.m.にて30分間遠心分離した。その上清2mlをとり、4M酢酸ナトリウム0.3mlを加えて溶液のpHを4.5~4.7に調整した後、2%タカジアスターゼ溶液0.1mlを加え、37℃にて8~10時間反応させ、結合型B₁を遊離型B₁に分解した。この溶液を孔径0.45μmのシリンジフィルターを通し試料溶液とした。

5. HPLC による定量

HPLC 用装置はいずれも島津製作所製のものを使用した。HPLC 用ポンプはLC-6A、インジェクタはLC-6Aシステム用インジェクタホルダー(ループ容量20μl)、カラムオーブンはCTO-6A、検出器は紫外可視分光光度計検出器SPD-6AV、データ処理器はクロマトパックC-R6A、カラムはShim-pack CLC-ODS 6mm×15cmを用いた。

移動相は、検討の後R.B.TOMAらの組成¹²⁾に準じた。即ちメタノール390ml、氷酢酸10ml、蒸留水600mlを混合後、0.5Mペンタンスルホン酸ナトリウム25ml、0.5Mヘプタンスルホン酸ナトリウム25mlを加え、メンブランフィルター PTFE タイプ(孔径0.5μm, 直径47mm)でろ過し、超音波にて脱気した後使用した。流速は0.4ml/min., カラムオーブンの温度は40℃, 検出器の波長は254nmにて測定した。

ビタミンB₁標準溶液は、国立衛生試験所塩酸チアミン(和光純薬製)を1μl/mlとなるように10%TCAに溶解し、この溶液を20, 4M酢酸ナトリウムを3, 2%タカジアスターゼを1の割合で混合した溶液を用いた。

試料溶液、標準溶液は、ループ容量の2倍以上の容量(50μl)をHPLC装置に注入し、カラムから分離溶出して得られたピークの面積を求めた。これより試料100g中のビタミンB₁の量(μg/100g)を算出した。

各試料米の水分含量が異なるため、常法通り135℃、

3時間の常圧加熱乾燥法によって水分を定量し、乾物値により各試料米間の比較を行った。

なお、タカジアスターゼは三共製薬のタカジアスターゼBを用い、他の試薬類はすべて和光純薬製の特級品またはHPLC用を使用した。

III 結果及び考察

1. HPLC 法によるビタミンB₁定量法の検討

HPLC 法によるビタミンB₁定量法は種々考案されているが¹⁵⁾、逆相法によりB₁を分離後そのままUV検出を行う方法と、ポストカラムかプレカラムを用いてB₁をチオクロームに変え蛍光検出を行う方法に大きく分けることができる。感度は後者の方がはるかに高く、微量あるいは低濃度のB₁の定量に最も適した方法であるが、通常のHPLCの装置以外に、反応液混合用コイル、混合コイル用恒温槽、反応液送液用ポンプなどを要し、コストがかかる。そこでここでは、前者の方法により胚芽精米中のB₁の定量を試みた。

米類のB₁定量については、従来のチオクローム法による報告は比較的多いが^{16)~20)}、UV検出による逆相HPLC法についてはR.B.TOMAら¹²⁾、J.F.KAMMANら²¹⁾が、ポストカラム法についてはH.OHTAら²²⁾、Zakia M.²³⁾が報告しているにすぎない。そこで主としてこれらを参考に条件の検討を行った。

1) HPLC 条件の検討

逆相用カラムは上記の両者共Waters社のμBondapak C₁₈を使用していたので、これと同タイプの島津製作所製のカラム、即ち支持体として全多孔性シリカ、結合基としてオクタデシルシランをもつShim-pack CLC-ODSを採用した。

移動相は、一方は水-メタノール系¹²⁾、他方はリン酸緩衝液-アセトニトリル系²¹⁾が用いられていたの、両者について検討を行った。いずれの場合も試料中に含まれる夾雑物質の大きなピーク成分が最初に溶出し、後者の場合B₁は4~5分で溶出するため、最初のピークのテーリングの影響を免れず、良好な分離状態は得られなかった。この不要ピーク成分を除去するため、試料溶液をパームチットで前処理する方法も試みたが、感度の面で不可能であった。一方、前者の水-メタノール系ではB₁の溶出時間は遅く、他成分の影響を受けにくい位置に流出したのでこの系を採用することにした。組成の詳細は既述(II. 5)の通りである。

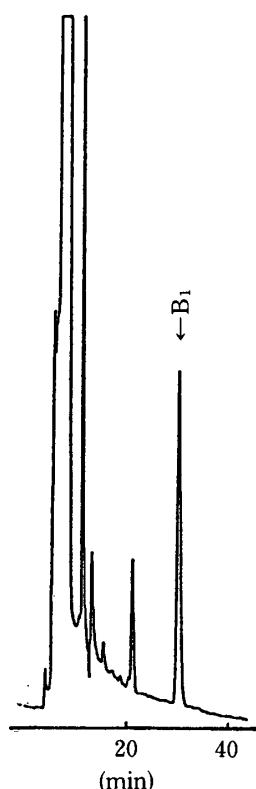


図1. ビタミンB₁標準溶液のクロマトグラム例

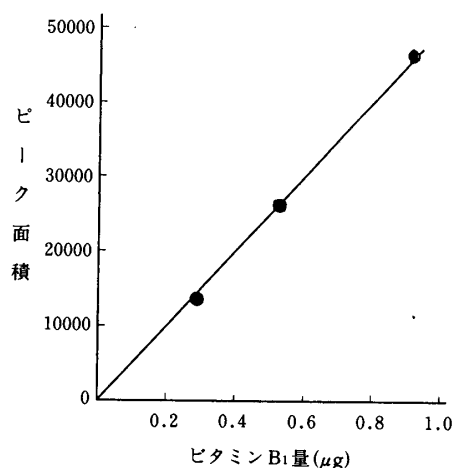


図2. ビタミンB₁標準溶液による検量線

さらに流速についても0.3~1.5ml/min.まで変化させ、カラムオープンの温度も変えて種々検討した結果、良好な分離状態が得られてしかも長くかかりすぎない最適条件として、流速0.4ml/min., 温度40℃に決定した。

この条件によるビタミンB₁標準溶液のクロマトグ

ラムを図1に示す。塩酸チアミンのみの水溶液を注入した結果との比較から、30分付近に溶出する成分がB₁と判明した。

また、標準溶液の濃度を変えて HPLC 分析を行い、得られたクロマトグラムの面積と濃度との関係を調べた結果、図2に示すように良好な直線性が得られた。

2) HPLC 用試料溶液調製法の検討

R.B.TOMA らは、試料米の0.1N硫酸溶液をオートクレーブにかけた後、タカジアスターゼおよびパパインで処理するという方法で、玄米や強化白米のビタミンB₁, B₂, ナイアシンの同時分析を行っている¹²⁾。また、J.F. KAMMAN らも試料米の0.1N塩酸溶液につき同様のオートクレーブ酵素処理を行い、ビタミン強化加工米のビタミンB₁, B₂の分析を行っている²¹⁾。

そこで彼らの方法に準じ、胚芽精米粉末に0.1N硫酸を加え、120℃で30分オートクレーブにかけ、2M酢酸ナトリウムにてpH4.5に調整した後、タカジアスターゼとパパインを加えて、35℃で一夜反応させたものを試料溶液とした。しかし、得られたクロマトグラムはR.B.TOMA らの場合とかなり異なり、ビタミンB₁のピークは多くの不要ピークの間に微小ピークとして検出され、B₂やナイアシンとの同時定量はおろか、B₁単独の定量もおぼつかない状態であった。J.F.KAMMAN らのクロマトグラムは我々のと類似したパターンで、R.B.TOMA らの場合(0.01 AUFS)よりさらに感度を上げて0.008 AUFS (absorbance unit full scale)で測定しているが、それでもB₁, B₂のピークは小さく、前後の大きな不要ピークの影響は免れない。彼らの用いたビタミン強化加工米(B₁ 0.72mg/100g)の半量以下のB₁含量と推定される胚芽精米では無理からぬことかも知れない。

そこで、米での適用例は見いだせなかったが、一般にポストカラム法で通常適用される試料調製法^{13) 14)}で胚芽精米粉末を処理し、HPLC 分析を行った。前者の調製法の場合より不要ピークの影響は少なく、既述の通り流速を変えることにより良好な分離状態が得られ、再現性も比較的満足のいくものであったのでこの方法を採用した。調製法の詳細は既に述べた(Ⅱ. 4)通りである。

2. 胚芽精米中のビタミンB₁

1) 無洗胚芽精米のビタミンB₁

表1. 無洗胚芽精米のビタミンB₁含量

試料No.	水分 (%)	ビタミンB ₁ 量(μ g/100g) 乾物値	
1	14.9	281	330
2	14.9	299	351
3	14.9	307	360
平均 \pm 標準偏差		296 \pm 10.9	347 \pm 12.6
変動係数		3.7%	3.6%

無洗米試料について分析した結果は表1に示した通り、平均約0.30mg/100gで成分表の値と一致した。また、乾物値に換算後の平均値と標準偏差から算出した変動係数は約3.6%であった。この値はJ.F.KAM-MAN らの強化加工米の測定値²¹⁾から求めた変動係数9.7%, R.B.TOMA らの強化米の測定値¹²⁾から求めた5.1%より低く、彼らの場合よりバラツキが少なく再現性は良好であった。代表的な試料のクロマトグラム(0.005 AUFS)を図3に示したが、彼らのクロマトグラムと比較すると、著者らの場合は高感度分析にもかかわらずベースラインが安定し、B₁のピークの分離状態も良好であったためと考えられる。

因に、ポストカラム法(蛍光検出)の場合、H.OHTA らの玄米の測定値²²⁾から算出した変動係数は4~7%, Zakia M. の強化米²³⁾では5%で、これら

と比較してもひけをとらなかった。

2) 調理操作によるビタミンB₁の損失

次に、洗米による胚芽精米のB₁への影響を調べた。結果は図4に示した通り、さっと1回水洗するのみで約20%のB₁が失われることがわかる。3回水洗しても減少率はほとんど変わらず、洗液がきれいになるまで念入りに水洗(ここでは10回)しても30%の損失にとどまった。これは福場の場合²⁴⁾の損失率(31%)と一致している。市販の胚芽精米の袋には“さっと洗って炊く”と注意書きがあるが、今回の実験から考えると、洗う回数はそれほど気にせずともよいと思われる。但し、胚芽が脱落してしまうような“とぎ洗い”は避けるべきである。

胚芽精米は、洗わずに炊飯して食べられるクリーンライスの状態で普通市販されているが、洗液が濁ることからも多少のヌカは残っていることがわかる。さっと1回水洗して簡単に失われるB₁は、この米粒に付着しているヌカによるものではないかと考えたので、まわりのヌカをきれいにふき取った胚芽精米のB₁を測定してみた(図4)。しかし、ヌカ除去による変化は5~6%に過ぎず、この推測は誤りであった。すなわち、米粒中のB₁の幾分かは、非常に容易に溶出する性質を持つことが明らかとなった。さらに、今回の実験のように比較的充分量の水を用いて洗米する方法

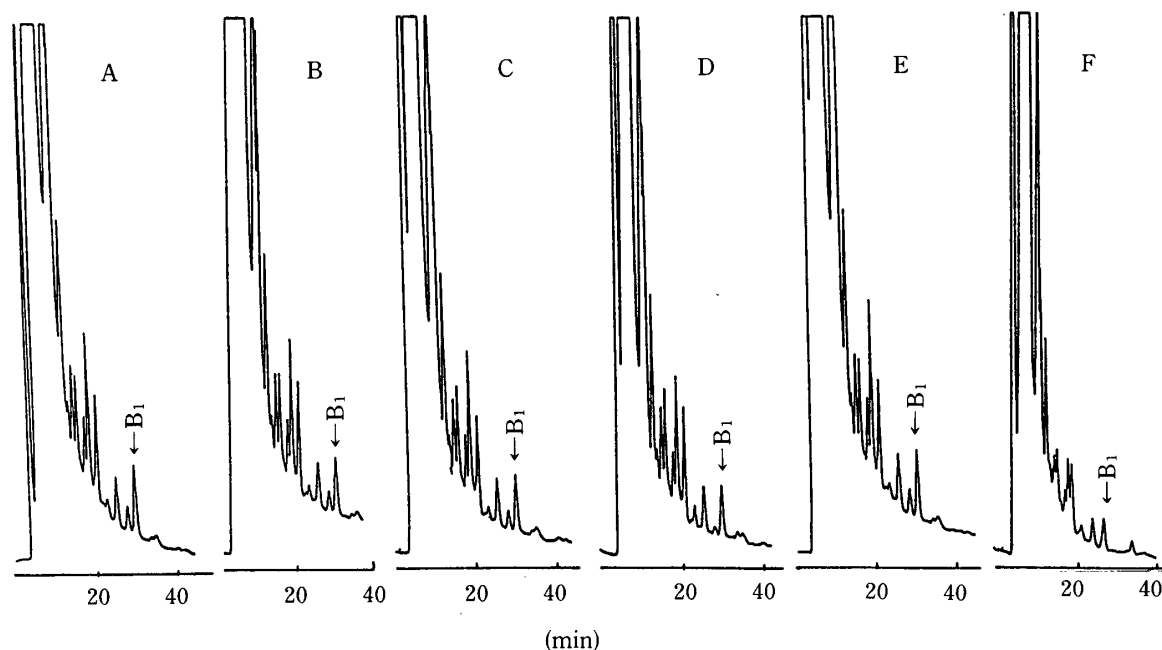


図3. 各試料溶液のクロマトグラム例

A: 無洗 B: 1回水洗 C: 3回水洗 D: 10回水洗 E: ヌカ除去 F: 炊飯
(但し、A~E: 試料米粉1g使用 F: 試料米粉0.5g使用)

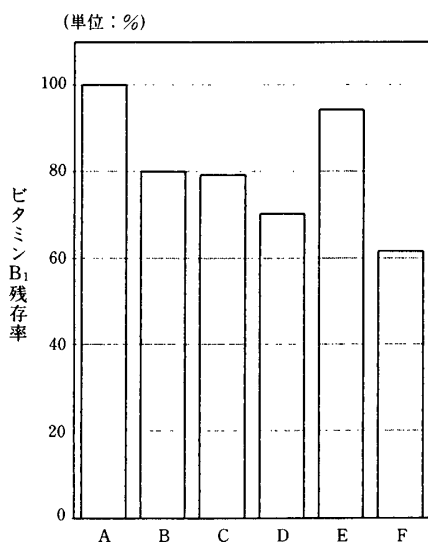


図4. 調理操作の影響

A: 無洗 B: 1回水洗 C: 3回水洗 D: 10回水洗
E: ヌカ除去 F: 10回水洗後炊飯

では、水洗回数による差は予想した程大きくないこともわかった。また、白米の実験結果では洗米による損失は38~43%⁸⁾²⁵⁾であり、今回我々の行った胚芽精米の20~30%と比べると、白米のB₁の方が失われ易い傾向にあると言える。

最近、A.NISHINO らは米ヌカ中にチアミン結合タンパク質の存在を認めている²⁶⁾。さらにT.Mitsunaga らは、各米ヌカ画分中、胚芽の部分のチアミン結合活性が最も高いことを報告し、発芽時には、このチアミン結合タンパク質が分解してタンパク質合成に必要なアミノ酸を供給すると同時に、結合していたチアミンが遊離してリン酸化され、必要なエネルギー供給に備えることを示唆している²⁷⁾。これより、胚芽中でB₁はタンパク質と固く結合して存在し、軽い水洗操作程度では容易に流出しないものと考えられ、従って最初的水洗で溶出するのは、それ以外の失われ易い遊離の形のB₁と推測できる。水洗回数による差が大きいのも、白米のB₁の方が溶出しやすいのも、このようなB₁の存在形態の違いに起因するのかもしれない。

一方 N.YAGI らは、水道水中の残留塩素が米のB₁を分解することを指摘している²⁵⁾。すなわち、pH 5 以下では残留塩素は次亜塩素酸として存在するが、pHが上がるにつれ次亜塩素酸イオンが増え、この次亜塩素酸イオンにより、B₁がピリミジン部とチアゾール部に開裂すると推測している。しかし、彼らの報告ではこの影響は白米の洗米時にはほとんど無く、

炊飯時に大きく影響するとしているのに対して、本岡らは、蒸留水（残留塩素0）で洗米した場合の白米のB₁の損失は、水道水（残留塩素濃度0.4~1.0 ppm）による損失率の1/3程度と報告している⁸⁾。著者らの実験は水道水のみで行ったので、今回はこの点について確認していないが、数年間の学生実験の中で、蒸留水水洗および水道水水洗によるB₁損失の比較（但しB₁定量法はジアゾ法）を何度か行い、胚芽精米の場合両者にはほとんど差を認めていない。

次に炊飯操作の影響について実験を行った。方法で述べたように、水道水で10回水洗した後水道水を加えて炊飯した胚芽精米飯についての結果である。図4に示すように、無洗米試料と比較すると約40%の損失があった。

N.YAGI らは、水道水で洗米（3回水洗）後炊飯した白米飯で、約65%ものB₁が失われることを認めており、蒸留水の場合の45%と比較して、残留塩素の影響は炊飯過程で特に大きいことを指摘している²⁵⁾。既述の通り、木村らも65%⁵⁾⁶⁾、本岡らも63%⁸⁾の損失と報告しており、白米の調理損耗はほぼこの程度で一致している。一方胚芽精米については、福場が無洗炊飯した場合のB₁損失を14%、洗米後炊飯した場合の損失50%と報告しており²⁴⁾、支倉らは無洗炊飯の場合の損失を15%と報告している¹⁶⁾。今回我々は無洗胚芽精米飯のB₁を測定していないが、上記の10回水洗試料の結果と比較すると、炊飯過程での損失は約10%と考えられ、彼らの場合よりやや低い損失率となった。支倉らは炊飯米をそのまま試料として用い、水分もその状態で測定しているのに対して、我々は凍結乾燥標品を用いたことなどの差かも知れない。

以上より、胚芽精米中のB₁の調理損耗は炊飯過程より洗米過程で大きく、無洗炊飯することにより損失をかなり防止することが可能と言える。しかし、ここ数年間の学生実験の中で、無洗胚芽精米飯と水洗胚芽精米飯を用いて三点識別試験法による官能検査を何度か実施してきた結果によると、両者の識別はある程度可能で、嗜好度は水洗試料の方に傾いている。胚芽精米がクリーンライスの状態になっているとはいえ、残っているヌカが炊飯米の味や色にある程度影響することが判る。即ち、胚芽精米をおいしく食べるには何らかの洗米操作は必要と思われ、従って、胚芽精米中のB₁の調理による損失としては約40%を見込むべきであると考ええる。

3) 保存によるビタミンB₁の変化

次いで、胚芽精米購入後保存中にB₁がどの程度減

少するのを知る目的で、保存試験を行った。結果を図5に示す。20℃、光照射の条件で、3カ月間にB₁は約14%減少したが、冬眠密着包装の状態では5%弱に抑えられた。光のもとではある程度酸化分解が進むものと思われる。

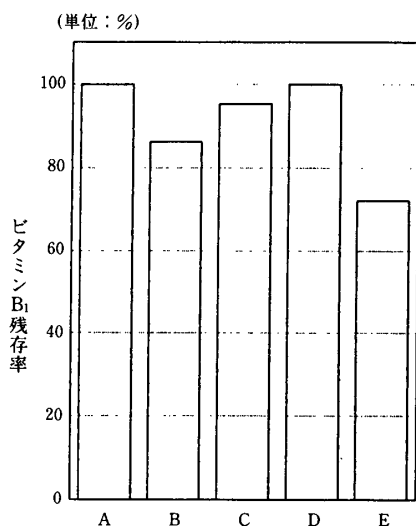


図5. 3ヵ月間保存によるB₁量の変化

A: 保存前 B: 20℃, 光照射 開封 C: 20℃, 光照射 冬眠 D: 30℃, 暗所 開封 E: 30℃, 暗所 冬眠

一方暗所では、30℃でも3カ月間B₁量の変化は認められなかった。酸化を防止できるはずの冬眠密着包装の状態、逆に30%近くの減少があったのは、何らかの酵素による酸化以外の分解反応が起こったためであろうか。前報で述べた酸価の上昇⁹⁾¹⁰⁾、それに伴う風味の低下¹¹⁾、今回のB₁の減少など、冬眠密着包装の胚芽精米を高温にさらすことは、嗜好的にも栄養的にも開封保存よりかえってマイナス面が大きいようである。

以上の結果から、家庭で普通保存されるような光の当たらない状態では、胚芽精米のB₁は3カ月位ならほとんど変化しないと考えてよいであろう。

3. ビタミンB₁給源としての胚芽精米の意義

国民栄養調査の結果では米類の摂取量の減少傾向は依然続いており、平成元年には1人1日当たり198gで、前年比98.6%にとどまっている²⁸⁾。しかし、減少率は鈍化の傾向を示し、米の主食としての位置は当分崩れそうにもない。従って、毎日摂取する米が白米

表2. ビタミンB₁摂取量試算

	成分表値 (mg/100g)	米摂取量 (g/日)	B ₁ 摂取量(mg/日)		摂取量/ 所要量(%)
			計算値	調理後の値	
白米	0.12	198	0.238	0.083 ^a	10.3
胚芽精米	0.30	198	0.594	0.356 ^a	44.1
				0.535 ^b	66.2

a: 洗米後炊飯 b: 無洗炊飯

か胚芽精米かによって、B₁の摂取量の差は非常に拡大されることになる。表2に試算した結果を示す。

1人1日当たり198gの白米から摂取できるB₁は、成分表値で計算すれば0.238mgであるが、既述の65%の調理損耗を考慮すれば0.083mgに過ぎず、所要量の1割の供給にとどまる。これに対して胚芽精米の場合は、今回の実験で求めた40%の調理損耗を考慮しても0.356mgの摂取が望め、所要量の1/2弱をこれで補うことが可能である。さらに、無洗炊飯が気にならない人であれば、胚芽精米のみで0.535mgを摂取できる。所要量の実に7割近くをカバーできることになるのである。若者達の中に潜在性のビタミンB₁欠乏状態の者が増えている昨今²⁹⁾³⁰⁾、白米に比しB₁含量が多い上に、洗米操作で溶出しにくい形のB₁を多く含む胚芽精米の栄養的意義は非常に大きいと言えるであろう。

IV 要 約

胚芽精米のビタミンB₁給源としての意義を探る目的で、種々の条件下における胚芽精米中のB₁の定量を行った。

1. 胚芽精米のB₁定量法としてUV検出による逆相HPLC法の検討を行った。試料粉末を10% TCAに溶解した後酵素処理する方法で試料溶液を調製し、水-メタノール系の移動相を用いてHPLC分析を行った結果、比較的良好な測定値が得られたので、この定量法を用いた。
2. 洗米操作の影響を調べた結果、1回水洗で約20%、3回水洗でも同程度、10回水洗で30%の損失が認められ、水洗回数の差は比較的少なく、また白米のB₁に比し溶出しにくい傾向が認められた。
3. 水道水で洗米し水道水を加えて炊飯した場合の損失率は約40%で、胚芽精米中のB₁の調理損耗は炊飯過程より洗米過程で大きいことが確かめられた。
4. 3カ月間の保存試験の結果より、20℃、光照射では約14%のB₁減少が認められたが、30℃、暗所ではほとんど変化しなかった。また30℃の場合、冬眠密

着包装保存はかえって逆効果であった。

5. 以上の実験結果をふまえて、主食が白米の場合と胚芽精米の場合の1人1日当たりB₁摂取量を試算した。白米では所要量の1割の供給にとどまるのに対して、胚芽精米に切り替えることにより所要量の1/2弱を供給でき、B₁給源としての胚芽精米の栄養的意義が大きいことを示した。

引用文献

- 1) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修：平成3年版 国民栄養の現状（平成元年国民栄養調査成績），東京，第一出版，1991年，p. 33～34
- 2) 同上，p. 90～91
- 3) 田原モト子：平安女学院短期大学紀要，第11号，59～67（1980）
- 4) 田原モト子：平安女学院短期大学第12回公開講座（1991）資料（未発表）
- 5) 木村美恵子，斎藤昇，糸川嘉則：ビタミン，56（8），415～423（1982）
- 6) Mieko KIMURA, Yoshinori ITOKAWA, and Motonori FUJIWARA : *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 36, S 17～S 24（1990）
- 7) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修：平成3年版 国民栄養の現状（平成元年国民栄養調査成績），東京，第一出版，1991年，p. 82～83
- 8) 本岡和美，北本典子，村田希久：帝国女子大学紀要，7，9～14（1981）
- 9) 村上恭子，生田君代，田原モト子：家政学雑誌，35（11），765～771（1984）
- 10) 田原モト子，足立恭子：平安女学院短期大学紀要，第17号，89～92（1986）
- 11) 田原モト子：日本家政学会誌，39（4），279～287（1988）
- 12) R.B.TOMA and M.M.TABEKHIA : *J. Food Sci.*, 44（1），263～268（1979）
- 13) 日本薬学会編：衛生試験法・注解，東京，金原出版，1990年，p. 359～361
- 14) 木村美恵子，平池秀和：島津科学計測ジャーナル，3（1），275～287（1991）
- 15) 日本ビタミン学会編：ビタミン学実験法Ⅱ，東京，東京化学同人，1985年，p. 71～85
- 16) 支倉サツキ，田代桂子，井上厚子，青木房江，安河内君子：精華女子短大紀要Ⅸ，61～71（1981）
- 17) 青木房江，安河内君子，支倉サツキ：同上Ⅹ，31～37（1982）
- 18) H.T.VANDRASEK and J.J.WARTHESEN : *Cereal Chem.*, 64（2），116～120（1987）
- 19) CORAZON P. VILLAREAL & BIENVENIDO O.JULIANO : *Plant Food for Human Nutrition*, 39, 287～297（1989）
- 20) CORAZON P. VILLAREAL, JERRY W. MARANVILLE, and BIENVENIDO O.JULIANO : *Cereal Chem.*, 68（4），437～439（1991）
- 21) J. F. KAMMAN, T. P. LABUZA, and J. J. WARTHESEN : *J. Food Sci.*, 45, 1497～1504（1980）
- 22) HIDEAKI OHTA, TOSHIRO BABA, YOSHIKO SUZUKI and EIJI OKADA : *J. Chromatography*, 284, 281～284（1984）
- 23) Zakia M.Abdel-Kader : *Food Chemistry*, 43, 393～397（1992）
- 24) 福場博保：調理科学，11（1），51～54（1978）
- 25) Noriko YAGI and Yoshinori ITOKAWA : *J. Nutri. Sci. Vitaminol.*, 25, 281～287（1979）
- 26) Atsuko NISHINO, Hoyoku NISHINO, and Akio IWASHIMA : *ibid.*, 26, 415～418（1980）
- 27) T.Mitsunaga, M.Shimizu, and A.Iwashima : *J.Plant Phisiol.*, 130, 279～284（1987）
- 28) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修：平成3年版 国民栄養の現状（平成元年国民栄養調査成績），東京，第一出版，1991年，p. 41～42
- 29) 安田和人：ビタミン，60（8），380～384（1986）
- 30) 糸川嘉則：同上，60（8），385～389（1986）